# Makina Elektrikoak

# 1. Praktika

**Transformadore monofasikoaren hutseko eta zirkuitulaburreko saikuntza.**

**Transformadore monofasikoen parametroen determinazioa**

Unai Martinez Corral

Bilboko IITUE

2009-03-15

# Aurkibidea

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

# 1. HELBURUAK

Transformadore monofasiko baten zirkuitu baliokidea irudikatzeko, zenbait parametroren balioak behar ditugu. Hauek aurkitzeko neurketa tresnen erabilera, magnitude elektrikoen jakitea eta eskema elektrikoen muntaiari lotutako ezagutzak praktikan jarri beharko ditugu, bi saiakuntza ezberdin burutuz: hutseko saiakuntza eta zirkuitulaburrekoa. Saiakuntza hauek helburua lortzeko merkeak eta doiak izanagatik burutuko ditugu.

Lehengoan eskuratutako balioen bitartez $X_{\mu}$ eta $R_{Fe}$ parametroak kalkulatzeko aukera izango dugu. Makinaren nukleoan ematen diren galeren adierazgarri izango ditugu, eta paraleloan jarrita berau ordezkatuko dute gure zirkuituan. Bigarren saiakuntza, aldiz, $R_{ZL}$ eta $X_{ZL}$ parametroen adierazle izango da. Korronte izendatuan eginez gero, neurtutako potentzia kobrean ematen diren galeren berdina izango dugu.

Laburbilduz:

- Transformadore monofasiko batekin hutseko eta zirkuitulaburreko saiakuntzak burutzea.

- Makinaren eskema baliokidea burutzeko behar ditugun parametroak determinatzea.

- Magnitude elektrikoen neurketen ezagutzak aplikatzea eta eskemea elektrikoen muntai eta garapenak lantzea.

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

## 2. OINARRI TEORIKOAK

Makina elektrikoa den transformadore batekin teorikoki lan egitean kalkuluak errazteko eta arintzeko, gertatzen diren fenomeno fisiko guztiak deskribatu eta kalkulatu beharrean, zirkuitu baliokidea erabiliko dugu. Zirkuitu hurbildu honek aipatutako fenomenoek eragindakoen antzeko erantzunak induzituko ditu, baina, esan bezala, lana sinplifikatuz. Elementu elektrikoak baino ez ditugu izango, energia trukaketa magnetikoak ere horrela adieraziz.

Transformadore erreal batekin lanean ari garenez, honek galerak izango ditu, eta hauek adierazteko, aipatutako zirkuituak zenbait parametro izango ditu. Parametro horiek orokorrak izan lirateke, baina aldakorrak dira makina batetik bestera, eta ereduak erabiltzekotan ezingo genuke burututako kalkuluen zuzentasuna gure diseinurako egokitzat ziurtasunez jo. Beraz, zirkuitu baliokidea egitean, eta behar ditugun parametroen balioak aurkitzean, transformadorearen funtzionamenduaren analisia zehazten ari gara, gure kasurako partikularizatzen.

Behin eta berriz aipatutako zirkuitu baliokide zehatza, esan bezala, sinplifikazioa dugu. Fenomeno magnetikoak desagerrarazteko,-nahiz eta baliokidetasunez eraginak adierazi, ordezkatzen dituzten elementuak sinbolo elektrikoekin aldatuko ditugu. Sinplifikazio zehatz horrek, zuzenean neurtu ezin ditugun balioak dituzten zenbait elementu ditu bere baitan. Zirkuitu eta neurketa arteko baliokidetasuna sortzeko, zirkuitu baliokide horren sinplifikazio are handiago erabiliko dugu. Honek, transformadorearen nukleoan dauden harilkaduren arteko espira kopuru ezberdintasuna berdintzea dakar. Bi eratara egin dezakegu hori: sekundarioko espira kopurua primariokoarekin berdinduz ($N_1=N'_2$) -sekundariotik primariorako murrizketa litzateke hori- edo primarioko espira kopurua sekundariokoarekin parekatuz ($N'_1=N_2$) -primariotik sekundariorako murrizketa-. Nahiz eta eredu erabiliena lehena izan, biek emango dizkigute emaitza zuzenak, kalkuluak ondo buruz gero behintzat. Eranskinean ikusi daitezke bi murrizketak (zirkuitu baliokide hurbilduak) eta zirkuitu baliokide zehatza.

Azaldutako baliokidetasuna mantendu dadin, makinaren baldintza energetikoak berdina izan daitezen ezinbestekoa dugu. Honek esan nahi du potentzia aktiboa, P, eta potentzia erreaktiboa, Q, berdinak beharko dutela izan, baita hauen banaketa ere.

Hemendik aurrera sekundariotik primariorako murrizketaren zirkuitu baliokide hurbilduarekin egingo dugu lan. Edozein adierazpen ulertzeko informazioa behar izanez gero, eranskinean aurkitu daitezke erlazio guztiak.



Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

## 2.1 Hutseko saiakuntza

Hutseko saiakuntzean sekundarioko borneak airean utziko ditugu, kargarik egon ez dadin. Egoera honetan sekundarioko korrontea, $I'_2$ alegia, 0 dela onartu dezakegu, beraz, harilketaren erresistentziaren ( $R_{ZL}$ ) eta dispertzio fluxuaren( $X_{ZL}$ ) balioak mesprezagarriak ditugu.

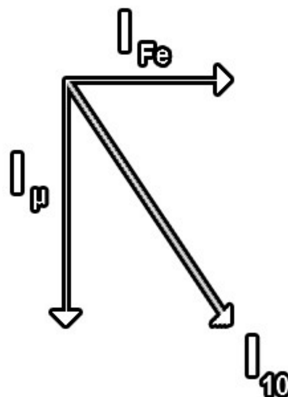
Hori dela eta, neurtutako potentzia burdin galerenaren oso antzekoa izango dugu. Serieko elementuak mesprezatuz, transformadore monofasikoaren $R_{Fe}$ eta $X_\mu$ parametroak determinatzeko hurbilketa dugula esan dezakegu.

$$W=P_0=P_{Fe}+|\vec{I}_{10}^2|\cdot R_{ZL} \qquad W=P_0\simeq P_{Fe}$$

$$P_{Fe}=R_{fe}\cdot I_{Fe}^2 \rightarrow R_{Fe}=\frac{|\vec{U}_{10}|^2}{P_{Fe}} \qquad \cos\varphi_0=\frac{P_{Fe}}{|\vec{U}_{10}|\cdot|\vec{I}_{10}|}$$

$\varphi$ -ren balioa ezagutuz gero, hau da, karga erresistibo eta induktiboan zehar igarotzen diren korronteen arteko angelua, eta korronteen batura irakurketa tresnak emango digula kontuan izanik, bakoitzaren balioa ezagutu dezakegu -jakin badakigulako karga induktibokoa tentsioarekiko atzeratuta agertuko dela, erresistibokoa fasean egongo den bitartean-. Ondorioz, intentsitatea eta tentsioa jakinda, kargen balioak kalkulatu ahal izango ditugu, Ohm-en legea aplikatuz.

$$|\vec{I}_{Fe}|=|\vec{I}_{10}|\cdot\cos\varphi_o \qquad X_\mu=\frac{|\vec{U}_{10}|}{|\vec{I}_\mu|} \qquad |\vec{I}_\mu|=|\vec{I}_{10}|\cdot\sin\varphi_o \qquad R_{Fe}=\frac{|\vec{U}_{10}|}{|\vec{I}_{Fe}|}$$



Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

### 2.2 Zirkuitulaburreko saiakuntza

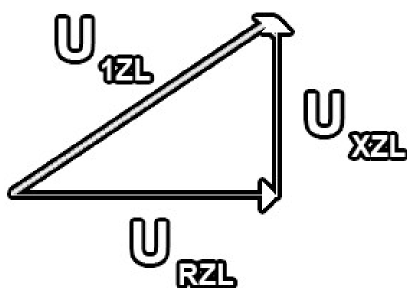
Oraingo honetan, seriko elementuak mesprezatu beharrean, paraleloan konektatutakoak utziko ditugu alde batera. Hori lortzeko, sekundarioko borneak elkarren artean konektatuko ditugu. Hau egitean, erresistentzia askoz txikiagoa egonda, bertatik joango da korronte gehiena, aurreko atalean aztertutako elementuen ( $R_{Fe}$ eta $X_{\mu}$ ) zeharrekoa mesprezagarria bihurtuz eta, ondorioz, beraien kargen balioak ere.

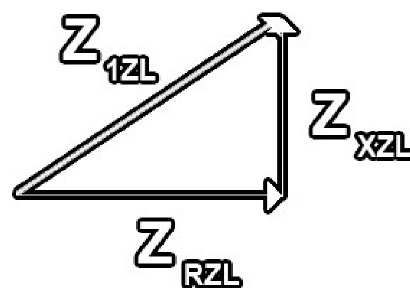
Saiakuntza honetan, transformadorea hautsi ez dadin, sekundarioko korronte izendatuarekin lan egingo dugu. Aurrekoan zuzenean tentsio izendatuekin lan egin genezakeen, baina oraingoan, zirkuitulaburrean dagoela kontuan izanik, tentsio nominalera konektatzeak makina zuzenean erretzea suposatuko luke.

Egoera honetan, neurtutako potentziaren balioa, Joule efektuaren ondorioz harilkaduretan sortutako galeren berdina izango da:

$$P_{ZL} = P_{cu}$$

Aurreko saiakuntzan korronteekin gertatu bezala, oraingoan tentsioak korrontearekiko fase ezberdinetan agertuko dira. Erresistentziaren zeharkako korrontea, karga erresistiboa izanik, fasean izango dugu. Induktantziaren zeharrekoa, aldiz, 90º aurreratuta izango dugu. Datu hauek kontuan izanik eta berriz ere prozedura oso antzekoa jarraituz:




$$|\vec{Z}_{1ZL}| = \frac{|\vec{U}_{1ZL}|}{|\vec{I}_{1ZL}|} \qquad P_{ZL} = \vec{U}_{1ZL} \cdot I_{1ZL} \cdot \cos\varphi_{ZL}$$

$$R_{ZL} = Z_{1ZL} \cdot \cos\varphi_{ZL} \qquad X_{ZL} = Z_{1ZL} \cdot \sin\varphi_{ZL}$$

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

Esan bezala, neurketak korronte izendatuarekin eginez gero, neurtutako potentzia kobrean ematen diren galeren berdina izango da. Baina, beste korronte batekin egiten baditugu neurketak, galeren balioa ezagutzeko zenbait kalkulu burutu beharko ditugu:

$$I_{ZL}=I_{Labur}\neq I_n \qquad Z_{1\mathrm{ZL}}=\frac{U_{1\mathrm{ZL}}}{I_{1\mathrm{n}}}=\frac{U_{1\mathrm{labur}}}{I_{1\mathrm{labur}}} \qquad P_{labur}=R_{1\mathrm{ZL}}\cdot I_{1\mathrm{ZL}}^2$$

$$U_{1\mathrm{ZL}}=U_{1\mathrm{Labur}}\cdot\frac{I_{1\mathrm{n}}}{I_{1\mathrm{labur}}} \qquad P_{ZL}=P_{labur}\cdot\frac{I_{1\mathrm{n}}^2}{I_{1\mathrm{labur}}^2}$$

Saiakuntza honetan zehar ematen diren tentsio erorketak izendatuarekiko ehunekoetan emateko aukera dugu:

$$\epsilon_{ZL}=\frac{|\vec{U}_{1\mathrm{ZL}}|}{|\vec{U}_{1\mathrm{n}}|}\cdot\%100 \qquad \epsilon_{RZL}=\frac{|\vec{U}_{RZL}|}{|\vec{U}_{1\mathrm{n}}|}\cdot\%100 \qquad \epsilon_{XZL}=\frac{|\vec{U}_{XZL}|}{|\vec{U}_{1\mathrm{n}}|}\cdot\%100$$

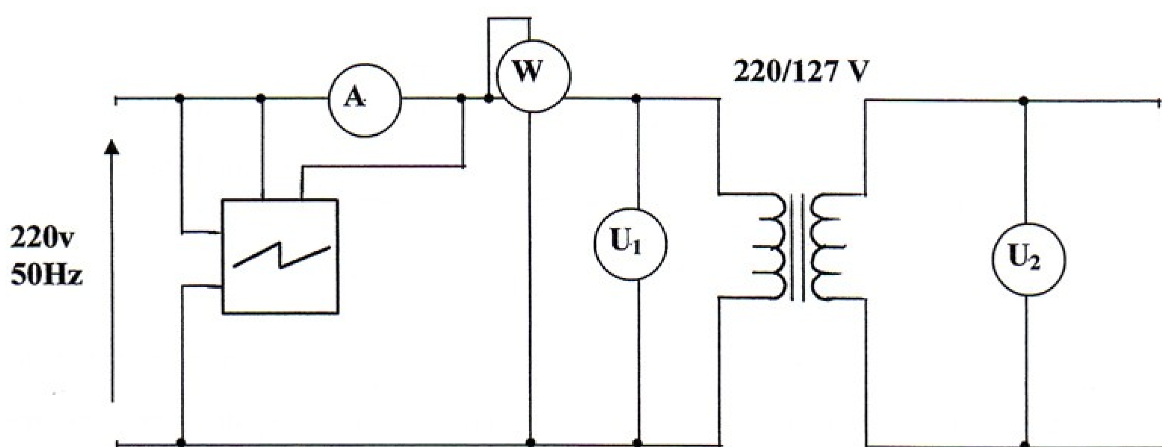
$$\epsilon_{XZL}=\sqrt{\epsilon_{ZL}^2-\epsilon_{RZL}^2}$$

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

# 3. PROZEDURAREN LABURPENA

## 3.1 Transformadorearen hutseko saiakuntza

Lehenengo saiakuntza hau burutzeko, transformadorearen sekundarioko borneak airea utziko ditugu, primarioa tentsio izendatura konektatu bitartean, eta neurketa tresnak irudian agertu bezala konektatuta ditugula. Egoera horretan, tresnen irakurketak hartuko ditugu.




## 3.2 Transformadorearen zirkuitulaburreko saiakuntza

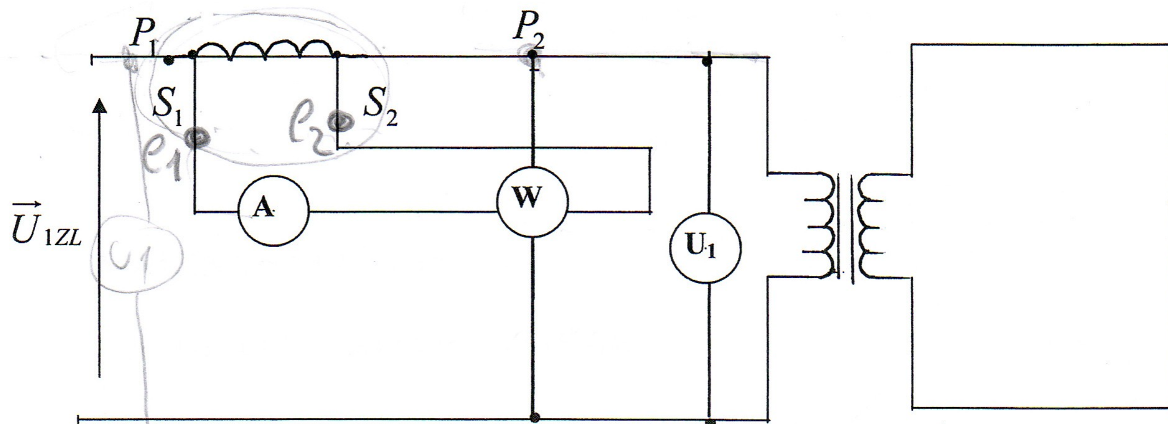
Aurrekoan ez bezala, oraingoan sekundarioko borneak elkarrekin konektatuko ditugu. Hori dela eta, oraingoan ez dugu zuzenean tentsio izendatura konektatuko primarioa. Zerora konektatuko dugu eta gutxinaka-gutxinaka igotzen joango gara, korronte izendatura heldu arte.

Saiakuntza hasi baino lehen bi gauza izan beharko ditugu kontuan. Lehenik eta behin, transformadorearen ezaugarri xaflan begiratuta korrontea zein den ikusi beharko dugu. Baliteke xaflan datu hori zuzenean ez agertzea. Kasu horretan potentzia eta tentsioen datuekin kalkulatuko dugu:

$$I_n = \frac{S_n}{U_n}$$

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

Bestalde, baliteke lan egingo dugun korrontea gure neurketa tresnentzat gehiegizkoa izatea. Beste trena batzuk erabili baino, irtenbiderik azkarrena, intentsitate transformadorea erabiltzea izango da. Berau kokatuko dugu zirkuitua eta korrontea irakurri behar duten elementuen artean, kasu honetan amperemetroa eta wattmetroa. Azken atal hau kontuan izanik, hau litzateke bigarren saiakuntzarako muntaiaren eskema:




Tentsio hain txikiekin ari garenez, irakurketa tresna digitala erabiliko dugu, neurketa zehatzagoa izan dadin, tresna analogikoen bitartez zailagoa baita hain aldaketa txikiak desberdintzea.

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

# 4. ERABILITAKO TRESNAK ETA ELEMENTUAK

**Transfomadore monofasikoa:**

| **Hutseko tentsioak** | | **Altua** | **Baxua** | |
|---|---|---|---|---|
| **Mota** | TE2 | 220 | 127 | V |
| **KVA** | 2 | | | |
| **Zenb.** | 380 | | | |
| **Konex.** | U/P | | | |
| **Maiztasuna** | 50 | 10 | 15'7 | A |

**Amperemetroa:** $K_A$ -ren balioa saiakuntza bietarako: $\frac{5}{5}=1$ .

**Voltmetroa:** $K_V$ -ren balioa: $\frac{300}{300}=1$ .

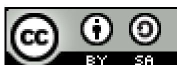
**Wattmetroa:** $K_W$ -ren balioa hutseko saiakuntzarako: $\frac{250\cdot 5}{125}\cdot 0'4=4$ .

$K_W$ -ren balioa zirkuitulaburreko saiakuntzarako: $\frac{20\cdot 5}{100}=1$ .

**Polimetroa**

**Intentsitate transformadorea:** $K_{IT}$ -ren balioa: $\frac{15}{5}=3$ .

**Tentsio sorgailua**



Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

## 5. Emaitzak eta konklusioa

**Hutseko** saiakuntzan hartutako neurketak:

| Voltmetroa | | | Amperemetroa | | | Wattmetroa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Irak. | $K_V$ | Balioa | Irak. | $K_A$ | Balioa | Irak. | $K_W$ | Balioa |
| 217'5 | 1 | 217'5 | 1'95 | 1 | 1'95 | 12 | 4 | 48 |

Oinarri teorikoan aurkezterakoan azaldu bezala, lerro hauen gainean dauden irakurketekin $R_{Fe}$ eta $X_{\mu}$ parametroen balioak kalkulatzeko aukera izango dugu. Horretarako zeharreko korronteak kalkulatuko ditugu, eta bidez batez potentzia faktorea eta potentzia galerak. Galerak, wattmetroak emandako balioa izango dira zuzenean, burdinekoak hain zuzen ere.

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_{Fe}}{|\vec{U}_{10}|\cdot|\vec{I}_{10}|} \qquad \cos\varphi_0 = \frac{48}{220\cdot 1'95} = 0,\widehat{111888} \qquad \varphi_0 = 83,58$$

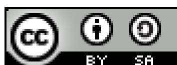
Angelua ezagututa, karga bietan zeharreko korronteak kalkulatu ditzakegu, trigonometria erabiliz. Behin korronteak ezagututa, parametroen balioak ere kalkulatzeko aukera izango dugu.

$$I_{Fe} = I_0\cdot\cos\varphi = 0,2\widehat{18} \qquad I_{\mu} = I_0\cdot\sin\varphi = 1,9378$$

$$R_{Fe} = \frac{|\vec{U}_{10}|}{|\vec{I}_{Fe}|} = 1008,\hat{3} \qquad X_{\mu} = \frac{|\vec{U}_{10}|}{|\vec{I}_{\mu}|} = 113,53$$

**Zirkuitulabur**reko saiakuntzan hartutako neurketak:

| Voltmetroa | | | Amperemetroa | | | Wattmetroa | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Irak. | $K_V$ | Balioa | Irak. | $K_A$ | Balioa | Irak. | $K_W$ | Balioa |
| 6'7 | 1 | 6'7 | 3'33 | 3 | 10 | 17 | 3 | 51 |



Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

Serieko parametroen balioak kalkulatuko ditugu oraingoan, $R_{ZL}$ eta $X_{ZL}$ . Hutseko saiakuntzean gertatu bezala, potentzia faktorea eta galerak kalkulatuko ditugu, karga bakoitzean gertatutako tentsio jausiaz gain. Neurketak korronte izendatuarekin hartu ditugunez, kobreko galerak wattmetroak irakurritako potentziaren berdinak izango dira.

Beste balioak, lehenago azaldu bezala kalkulatuko ditugu:

$$P_{ZL}=\vec{U}_{1ZL}\cdot I_{1ZL}\cdot\cos\varphi_{ZL} \qquad \cos\varphi_{ZL}=\frac{P_{ZL}}{\vec{U}_{1ZL}\cdot I_{1ZL}}=\frac{51}{6'7\cdot 10}=0{,}0761$$

$$\cos\varphi_{ZL}=85{,}6345$$

$$|\vec{Z}_{1ZL}|=\frac{|\vec{U}_{1ZL}|}{|\vec{I}_{1ZL}|}=\frac{6'7}{10}=0{,}67$$

$$R_{ZL}=Z_{1ZL}\cdot\cos\varphi_{ZL}=0{,}05099 \qquad X_{ZL}=Z_{1ZL}\cdot\sin\varphi_{ZL}=0{,}66805$$

Eta tentsio erorketak:

$$\epsilon_{ZL}=\frac{|\vec{U}_{1ZL}|}{|\vec{U}_{1n}|}\cdot\%100=\frac{51}{220}\cdot 100=\%3{,}0\widehat{45}$$

$$\epsilon_{RZL}=\frac{|\vec{U}_{RZL}|}{|\vec{U}_{1n}|}\cdot\%100=\%0{,}23177$$

$$\epsilon_{XZL}=\frac{|\vec{U}_{XZL}|}{|\vec{U}_{1n}|}\cdot\%100=\%3{,}03659$$

Bukatzeko, eta praktikan egindakoa laburbilduz, transformadore baten parametroen balioak determinatzeko bi saiakuntza merke eta arin erabili ditzakegula ikusi dugu, laborategiko tresna arruntak erabilita.

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

# ERANSKINA

## Sekundarioa primariora murrizketa

Sekundarioko espira kopuru berria: $N'_2 = N_1$

$$\frac{E_1}{E_2} = m \qquad \frac{E_1}{E'_2} = \frac{N_1}{N'_2} = 1 \qquad E'_2 = E_2 \cdot m \rightarrow U'_2 = U_2 \cdot m$$

Baldintza energetikoak mantenduz:

a) $S_2 = S'_2 \rightarrow U_2 \cdot I_2 = U'_2 \cdot I'_2 \rightarrow I'_2 = \frac{I_2}{m}$

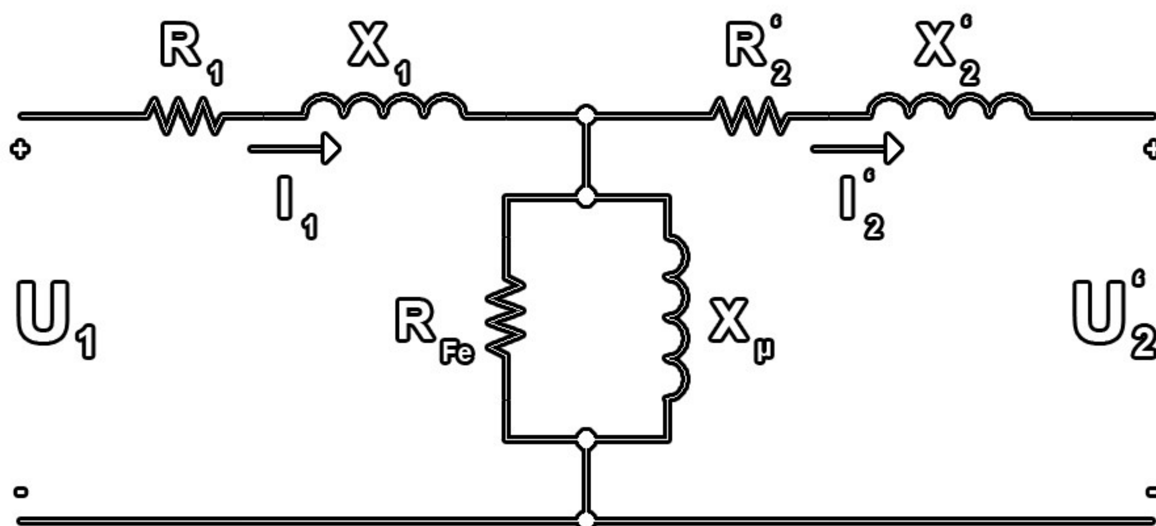
b) $R_2$ eta $R'_2$ galera berdinak:

$$R_2 \cdot I_2^2 = R'_2 \cdot I'^2_2 \rightarrow R'_2 = R_2 \cdot m^2$$

$$X_2 \cdot I_2^2 = X'_2 \cdot I'^2_2 \rightarrow X'_2 = X_2 \cdot m^2$$

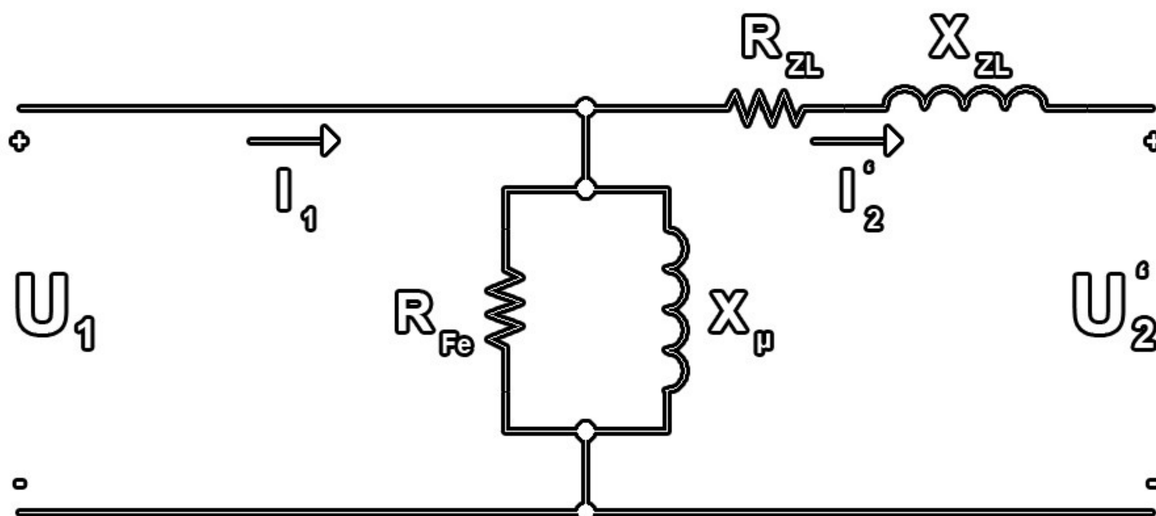
$$\rightarrow Z'_L = Z_L \cdot m^2$$

Zirkuitu baliokide zehatza:



Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

Eskema baliokide hurbildua:




Hurbilketa: $I_0 \ll I_1 eta\ I'_2$

$$R_{ZL}=R_1+R'_2 \qquad X_{ZL}=X_1+X'_2$$

**Primarioa sekundariora murrizketa**

Primarioko espira kopuru berria: $N'_1=N_2$

$$\frac{E_1}{E_2}=m \qquad \frac{E'_1}{E_2}=\frac{N'_1}{N_2}=1 \qquad E'_1=\frac{E_1}{m} \rightarrow U'_1=\frac{U_1}{m}$$

Baldintza energetikoak mantenduz:

a) $S_1=S'_1 \rightarrow U_1 \cdot I_1=U'_1 \cdot I'_1 \rightarrow I'_1=I_1 \cdot m$

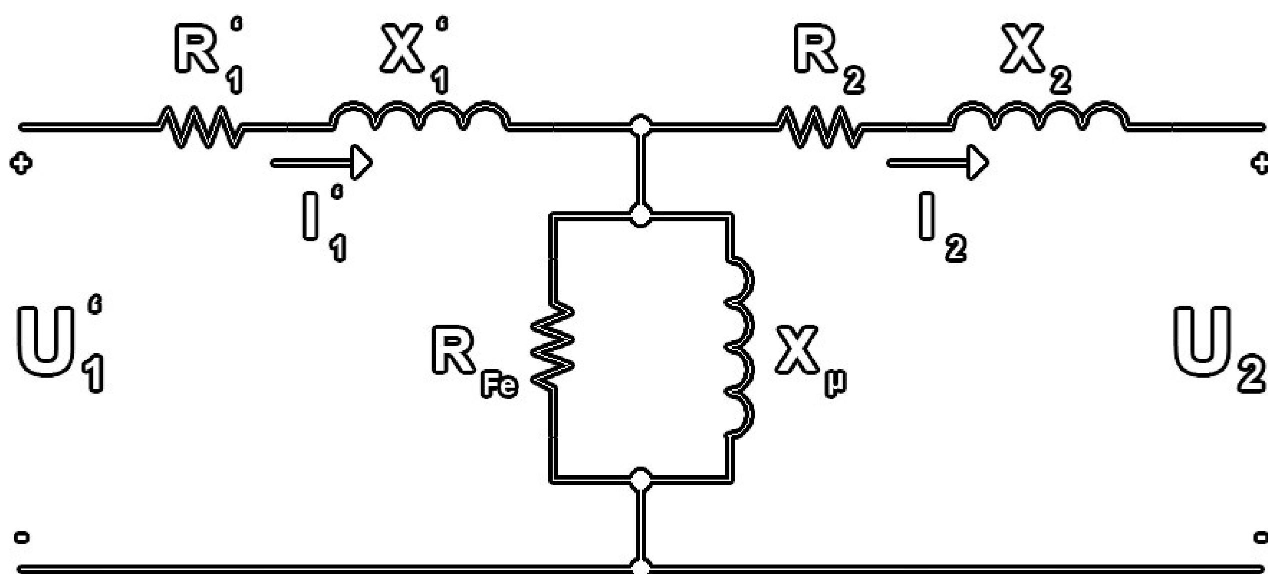
b) $R_1$ eta $R'_1$ galera berdinak:

$$R_1 \cdot I_1^2=R'_1 \cdot I'^2_1 \rightarrow R'_1=\frac{R_1}{m^2}$$

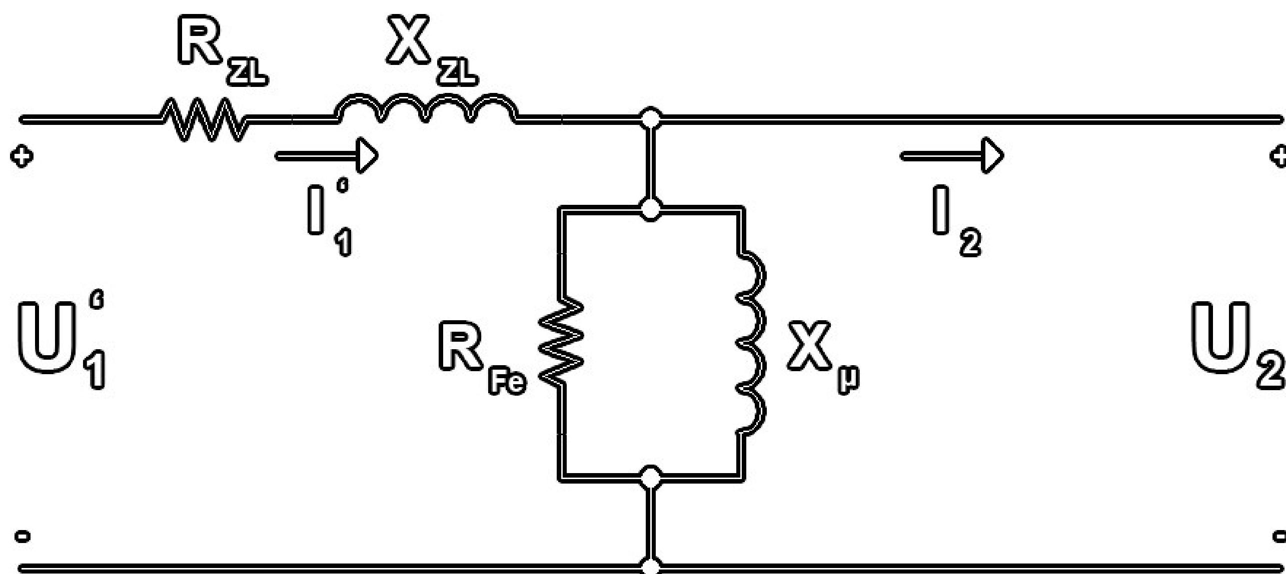
$$X_1 \cdot I_1^2=X'_1 \cdot I'^2_1 \rightarrow X'_1=\frac{X_1}{m^2} \qquad \rightarrow Z'_L=\frac{Z_L}{m^2}$$

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

Zirkuitu baliokide zehatza:




Eskema baliokide hurbildua:

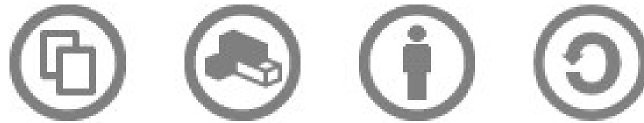



Hurbilketa: $I_0 \ll I_2 \, eta \, I'_1$

$R_{ZL} = R_2 + R'_1$ $X_{ZL} = X_2 + X'_1$

Unai Martinez Corral
umartinez012@ikasle.ehu.es

# LIZENTZIA ETA AITORPENAK



Txosten hau eta bertan agertzen den informazioa **kopiatu**, **banatu** eta jendaurrean **hedatzeko baimena** duzu, baita **lan eratorriak** egiteko ere.

Betiere lanaen **kredituak aitortuz gero** eta **lan eratorriak** egitekotan **baimen berbera edo librea** den beste edozein erabiliz. Lizentzia libreen zerrenda bat FSF elkartearen web gunean aurkitu daiteke.

“Prozeduraren laburpena” atalean agertzen diren irudiak **lizentzia honetatik at** gertazen dira, ez baitira nireak. **Bilboko IITUE**-ko Industria Elektronika berezitasuneko “**Makina Elektrikoak**” ikasgaian erabilitako praktiken txostenetik hartuak izan dira. Txosten berean oinarritu dut esku artean duzun lana.

Lizentziari buruzko informazio zehatzagoa nahi izatekotan, jo ezazu hurrengo helbidera:

http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/es/deed.eu